

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-200805  
 (43)Date of publication of application : 19.07.1994

(51)Int.CI.

F02D 41/14

(21)Application number : 04-348364

(71)Applicant : MAZDA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 28.12.1992

(72)Inventor : MAMIYA KIYOTAKA

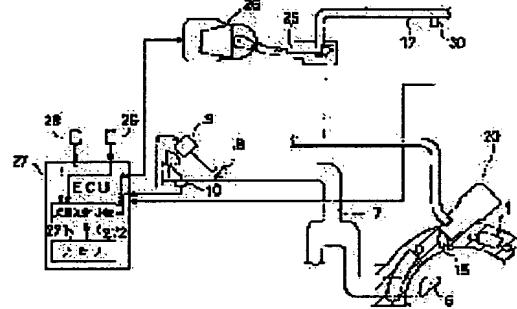
SHIRAISHI TORU

YOKOMIZO KATSUHIRO

## (54) AIR-FUEL RATIO CONTROL DEVICE OF HYDROGEN ENGINE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To suppress the exhaust amount of a nitrogen oxide at a low value whatever operating condition the engine has, while maintaining the fuel consumption and the running condition in a good shape.  
 CONSTITUTION: A flow regulating valve 25 to regulate the flow amount of a gaseous fuel to a rotary piston engine which uses hydrogen as a part of or all the fuel, and a control unit (ECU) 27 to control the air-fuel ratio according to the loading condition of engine have been provided. This air-fuel ratio control device has an engine operating scope in the air-fuel ratio larger than the NO<sub>x</sub> maximum air-fuel ratio in which the exhaust amount of NO<sub>x</sub> is made the maximum. The ECU 27 controls the opening of the flow regulating valve 25 to make the air-fuel ratio in the high rotation scope of the engine in the same engine load condition higher than that in the low rotation scope.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.10.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 12.03.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] In the air-fuel ratio control system of the hydrogen fueled engine which prepares the amount-of-supply adjustment device which adjusts the amount of supply to some fuels or the engine of gaseous fuel made all for hydrogen gas, and controls an air-fuel ratio according to an engine load condition It has an engine operation field in an air-fuel ratio higher than the NOx maximum air-fuel ratio from which the discharge of the nitrogen oxides from an engine becomes max. In this engine operation field The air-fuel ratio control system of the hydrogen fueled engine characterized by having the control means which controls the above-mentioned amount-of-supply adjustment device so that the air-fuel ratio of the high rotation field of the engine in the same engine load condition becomes higher than the air-fuel ratio of a low rotation field.

[Claim 2] The above-mentioned control means is the air-fuel ratio control system of the hydrogen fueled engine according to claim 1 which is the engine operation field made into an air-fuel ratio higher than the above-mentioned NOx maximum air-fuel ratio, and is characterized by controlling the above-mentioned amount-of-supply adjustment device so that an air-fuel ratio becomes high gradually as an engine becomes high rotation.

[Claim 3] The above-mentioned control means is the air-fuel ratio control system of the hydrogen fueled engine according to claim 1 or 2 characterized by controlling the above-mentioned amount-of-supply adjustment device so that an engine load becomes an air-fuel ratio lower than the above-mentioned NOx maximum air-fuel ratio in a heavy load region higher than a predetermined load, and controlling the above-mentioned amount-of-supply adjustment device so that an engine load becomes an air-fuel ratio higher than the above-mentioned NOx maximum air-fuel ratio in the low loading region below the above-mentioned predetermined load.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]**

[0001]

[Industrial Application] This invention relates hydrogen gas to the air-fuel ratio control system of the hydrogen fueled engine which uses the part or the gaseous fuel made all of a fuel.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the exhaust gas discharged from the gasoline engine which generally uses a gasoline as a fuel, the injurious ingredient of nitrogen oxides NOx, a carbon monoxide CO, and carbonization oxygen HC is contained. These injurious ingredients will decrease, if the rate of the amount of air suction systems and fuel quantity, i.e., an air-fuel ratio, (or the excess air factor lambda) is sharply made higher than theoretical air fuel ratio (an excess air factor lambda "1.0"). However, if it is in the above-mentioned gasoline engine, when the above-mentioned air-fuel ratio is sharply made high and gaseous mixture to an engine is made very thin, there is a problem of lifting-coming to be easy of a misfire. Moreover, if gaseous mixture is made thin, a required engine torque will be obtained.

[0003] The part or the hydrogen fueled engine made all of a fuel is being developed in the hydrogen gas which does not start a misfire even if the air-fuel ratio flammable range of gaseous mixture is very wide and makes gaseous mixture very thin that it should correspond to this, as shown in JP,51-34308,A.

[0004] By the way, although a carbon monoxide CO and carbonization oxygen HC are not produced even if the hydrogen gas used for this kind of hydrogen fueled engine as a fuel burns, since the rate of combustion near theoretical air fuel ratio is very quick, combustion gas becomes an elevated temperature, and comparatively a lot of nitrogen oxides NOx are generated like a gasoline engine. The discharge of the nitrogen oxides NOx by combustion of this hydrogen gas has the more remarkably [ than a gasoline ] large inclination of the discharge fall of nitrogen oxides NOx to the concentration fall of gaseous mixture, although an excess air factor lambda becomes max with a value a little higher than the value (theoretical air fuel ratio) used as "1.0" as shown in drawing 5. For this reason, if it is in the above-mentioned hydrogen fueled engine, it enables the fall of an engine torque to choose the value of a comparatively small air-fuel ratio low [ the discharge of nitrogen oxides NOx ] enough.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] however -- if an engine engine speed becomes high in the above-mentioned hydrogen fueled engine -- the gaseous mixture at the time of ignition -- since a flow becomes quick and the rate of combustion speeds up, even if it makes gaseous mixture thin so that an engine becomes high rotation, the discharge of nitrogen oxides NOx will not fall. For this reason, when an engine is low rotation and an engine becomes high rotation even if the discharge of nitrogen oxides NOx is the value of the air-fuel ratio which becomes low enough, the problem that the discharge of nitrogen oxides NOx becomes high arises.

[0006] Keeping good fuel consumption and performance-traverse ability in view of the above-mentioned situation, even if this invention is the operational status of what kind of engine, it aims at offering the hydrogen fueled engine which can stop the discharge of the nitrogen oxides in exhaust gas low.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order that this invention may attain the above-mentioned purpose, the amount-of-supply adjustment device which adjusts the amount of supply to some fuels or the engine of gaseous fuel made all for hydrogen gas is prepared. In the air-fuel ratio control system of the hydrogen fueled engine which controls an air-fuel ratio according to an engine load condition It has an engine operation field in an air-fuel ratio higher than the NOx maximum air-fuel ratio from which the discharge of the nitrogen oxides from an engine becomes max. In this engine operation field It has the control means which controls the above-mentioned amount-of-supply adjustment device so that the air-fuel ratio of the high rotation field of the engine in the same engine load condition becomes higher than the air-fuel ratio of a low rotation field.

[0008] Moreover, the above-mentioned control means is the engine operation field made into an air-fuel ratio higher than the above-mentioned NOx maximum air-fuel ratio, and it is desirable [ the control means ] to control the above-mentioned amount-of-supply adjustment device so that an air-fuel ratio becomes high gradually as an engine becomes high rotation.

[0009] Furthermore, as for the above-mentioned control means, it is desirable to control the above-mentioned amount-of-supply adjustment device so that an engine load becomes an air-fuel ratio lower than the above-mentioned NOx maximum air-fuel ratio in a heavy load region higher than a predetermined load, and to control the above-mentioned amount-of-supply adjustment device so that an engine load becomes an air-fuel ratio higher than the above-mentioned NOx maximum air-fuel ratio in the low loading region below the above-mentioned predetermined load.

[0010]

[Function] If an engine rotational frequency becomes high and becomes a high rotation field in the state of the same engine load when the engine is operated with the air-fuel ratio higher than the NOx maximum air-fuel ratio from which the discharge of the nitrogen oxides from an engine becomes max according to the above-mentioned configuration, the discharge of nitrogen oxides will be controlled by adjusting the amount of supply of the gaseous fuel to an engine so that an air-fuel ratio may become higher than the air-fuel ratio of a low rotation field.

[0011] Moreover, in the engine operation field made into an air-fuel ratio higher than the NOx maximum air-fuel ratio, change of the engine torque to change of the engine number of rotations can be made small by making an air-fuel ratio high gradually as an engine becomes high rotation.

[0012] Furthermore, the amount of supply of the gaseous fuel to an engine is adjusted so that it may become an air-fuel ratio lower than the NOx maximum air-fuel ratio in a heavy load region, and while an engine torque high in a heavy load region is obtained by adjusting the amount of supply of the gaseous fuel to an engine so that it may become a high air-fuel ratio from the NOx maximum air-fuel ratio in a low loading region, the discharge of nitrogen oxides is controlled in a low loading region.

[0013]

[Example] The example of this invention is explained based on a drawing. Drawing 1 and drawing 2 show the hydrogen fueled engine whole structure equipped with the air-fuel ratio control system by one example of this invention, and the hydrogen fueled engine of this example is a rotary piston engine. Moreover, in this example, only hydrogen gas is used as gaseous fuel.

[0014] By having Rota 3 of the shape of an abbreviation triangle which has the cylinder constituted with the Rota housing 1 and side housing located in those both sides, among those \*\*\*\* three actuation rooms 2 to the direction, carrying out bearing of this Rota 3 to an eccentric shaft 4, and carrying out eccentric rotation, each actuation room 2 carries out volume change, and this rotary piston engine performs an Otto cycle. If it is in the rotary piston engine of 2 Rota, on both sides of side housing (INTAMIDI eight housing) of the mid-position, a cylinder is formed before and after that, and Rota 3 is arranged in each at the way. In addition, drawing 1 develops and shows two cylinders after [ expedient ] plotting.

[0015] The suction port 6 which supplies air to side housing is formed in the location facing the actuation room 2 like an inhalation-of-air line. Air is led to this suction port 6 through the inhalation-of-air path 7, and while the throttle valve 8 which operates with a step motor 9 is formed, the air flow meter 10 grade for an air cleaner (illustration abbreviation) and inhalation air content (air fill) detection is arranged in this inhalation-of-air path 7. Moreover, the exhaust air port 11 is formed in the Rota housing 1 in the location facing the actuation room 2 like an exhaust air line, and the

flueway 12 is connected to this exhaust air port 11. Moreover, the ignition plug 13 is attached in the Rota housing 1 in the location facing the actuation room like an explosion line.

[0016] Moreover, in order to supply the pressurized hydrogen gas in a cylinder, it has the hydrogen port (port for gaseous-fuel supply) 15 which carries out opening into the actuation room 2 separately [ the above-mentioned suction port 6 ], and this hydrogen port 15 is established in a location which carries out opening to the actuation room 2 from the middle to the compression stroke middle like an inhalation-of-air line. The fuel-supply path 17 to which the hydrogen gas from the metal hydride tank (henceforth MH tank) 16 is led is formed to this hydrogen port 15. Hydrogen is emitted to the fuel-supply path 17 by heating the hydrogen storing metal alloy of the MH tank 16 by the cooling water by which that interior is equipped with occlusion and the hydrogen storing metal alloy which can be emitted, the path, cooling water path, and heating water path (illustration abbreviation) for hydrogen restoration are arranged to this MH tank 16 in hydrogen inside, and the above-mentioned MH tank 16 is supplied from an engine engine water jacket.

[0017] This pressure regulator 18 regulates the pressure of the hydrogen gas supplied from the MH tank 16 to a moderate pressure by forming a pressure regulator 18 in the upper section of the above-mentioned fuel-supply path 17, for example, the pressure is regulated in abbreviation 5 atmospheric pressure (three to 7 atmospheric pressure). Moreover, the down-stream edge of the fuel-supply path 17 is connected to the above-mentioned hydrogen port 15 through the timing valve 20. This timing valve 20 performs fuel supply to predetermined timing synchronizing with engine actuation, and has the poppet valve 21 which opens and closes the free passage part between the above-mentioned hydrogen port 15 and the fuel-supply path 17, and closing motion actuation is carried out by the cam by which this poppet valve 21 was formed in the cam shaft 22 for a timing valve drive. It carries out synchronous rotation with an eccentric shaft 4 by coordinating with an eccentric shaft 4 the pulley 23 provided in the end side through a timing belt 24 while bearing of the above-mentioned cam shaft 22 is carried out to housing pivotable.

[0018] And while the timing of the suction-port closing motion accompanying rotation of Rota 3 is set up so that a suction port 6 may be opened near a top dead center and may be closed near a bottom dead point, the closing motion timing is set up so that the timing valve 20 may be opened at the predetermined period of the compression stroke first half after a suction port 6 closes. Thus, if hydrogen gas with a large floor area ratio is inhaled in an air charging stroke, while the inflow of air becomes is easy to be checked, the timing valve 20 is opened from the time of a suction port 6 closing and inhalation of air being completed, and supply of hydrogen gas is made to be started, because there is concern which the backfire by the outflow of the hydrogen gas by the side of an inhalation-of-air path produces.

[0019] The flow control valve 25 is arranged in the middle of the above-mentioned fuel-supply path 17. This flow control valve 25 operates with the electric actuator 26 which operates according to the control signal from a control unit (ECU) 27, for example, a step motor. This ECU27 has memory 271 and the flow rate control means 272. The detecting signal from pressure-sensor 30 grade which detects the pressure in the fuel-supply path 17 of the lower stream of a river of the above-mentioned air flow meter 10, the accelerator opening sensor 28 which detects accelerator opening (control input of an accelerator pedal), the rotational frequency sensor 29 which detects an engine speed, and a pressure regulator 18 is received. While controlling to respond the opening (air fill) of a throttle valve 8 to accelerator opening with the control signal outputted to a step motor 9, a flow control valve 25 is controlled by the control signal outputted to a step motor 26.

[0020] The excess air factor lambda (or air-fuel ratio) from which the above-mentioned memory 271 is selected according to an air fill and an engine speed is beforehand memorized as a map ( drawing 3 ). The above-mentioned flow rate control means 272 calculates the opening (or the amount of step motor drives corresponding to that opening) of a flow control valve 25 from the value of the excess air factor lambda called for on this map, and outputs a control signal to a step motor 26 that a flow control valve 25 should be controlled to respond to this opening.

[0021] Next, the control action of a flow control valve 25 performed by the above ECU 27 is explained using the map of drawing 3 , and the flow chart of drawing 4 . The map of drawing 3 is divided into A zone corresponding to the heavy load field where an engine load is expensive, and B zone corresponding to the low loading field where an engine load is low. The above-mentioned A

zone is a field where accelerator opening sets up the value of the excess air factor lambda in 90% or more of heavy load condition. In this A zone, it considers as the value of the excess air factor lambda lower than the value of the excess air factor lambda from which the discharge of nitrogen oxides NOx serves as max, for example, is set as abbreviation "1.0." In addition, A zone makes the full load condition WOT the upper limit.

[0022] Accelerator opening is the field which sets up the value of the excess air factor lambda in less than 90% of low loading condition, and the above-mentioned B zone is made into the value of the excess air factor lambda higher than the value of the excess air factor lambda from which the discharge of nitrogen oxides NOx serves as max, for example, is set up in this B zone more than "1.5." Moreover, in this B zone, it is set up so that the value of an excess air factor lambda may become high gradually with the rise of an engine speed, and the fall of an engine load. That is, by Rhine B1, B-2, B3, and B4 showing the operational status by which the value of an excess air factor lambda is set to "1.6", "1.8", "2.0", and "3.0", respectively, each Rhine B1 - B4 are displaced to a heavy load side (side to which an air fill becomes large), so that an engine speed becomes high rotation, and it becomes the order of B1, B-2, B3, and B4 from an upper left side. following -- etc. -- if Rhine C and D which shows the condition of a load is met, as for the high rotation side, the value of an excess air factor lambda has become gradually high.

[0023] Thus, abbreviation "1.0" (almost equivalent to theoretical air fuel ratio) was selected as a value of the excess air factor lambda in A zone because it was necessary to make the value of an excess air factor lambda small in order to obtain the engine torque according to this accelerator actuation at the time of A zone, since accelerator opening is in 90% or more of heavy load condition. Moreover, since the discharge of nitrogen oxides NOx serves as max at the time of a value (equivalent to the NOx maximum air-fuel ratio) with the value of an excess air factor lambda a little higher than "1.0" as shown in drawing 5, it is also for avoiding the value of this excess air factor lambda. A required engine torque is obtained generating of nitrogen oxides NOx being suppressed by having selected the value "1.0" of this excess air factor lambda.

[0024] In addition, the catalyst outside drawing is arranged in the flueway 12, and it is desirable to purify nitrogen oxides NOx in the time of a heavy load using the above-mentioned catalyst. In this case, when the value of an excess air factor lambda is abbreviation "1.0", in order that this common kind of catalyst may purify nitrogen oxides NOx most efficiently, in exhaust gas, nitrogen oxides NOx will almost be contained.

[0025] Here, in B zone, higher rotation explains the reason for trying for the value of an excess air factor lambda to become high using drawing 5. For example, the value of the excess air factor lambda in case an engine speed is 2000rpm, If the relation with the discharge of nitrogen oxides NOx becomes like a continuous line E and the value of an excess air factor lambda becomes more than abbreviation "1.6" although nitrogen oxides NOx are hardly generated, if an engine speed goes up to 4000rpm -- the gaseous mixture at the time of ignition, since a flow becomes quick and the rate of combustion speeds up As shown in a two-dot chain line F, as compared with the time of the fall of the discharge of nitrogen oxides NOx to the increment in the value of an excess air factor lambda being the above-mentioned 2000rpm, it becomes blunt. Therefore, when an engine speed is 4000rpm, it is because the value of an excess air factor lambda is made higher and it is necessary to make it not almost generate nitrogen oxides NOx.

[0026] Moreover, by making an excess air factor lambda high (Lean-izing) in this way, while aiming at control of generating of nitrogen oxides NOx, improvement in fuel consumption is aimed at. In order to make small change of the engine torque at the time of the shift between A zone and B zone, the gap of the excess air factor lambda in the boundary of A zone and B zone is made not to become large beyond the need on the other hand.

[0027] Furthermore, it was made for the value of the excess air factor lambda of B zone to become high gradually for making small change of the engine torque to change of the engine number of rotations as much as possible, as an engine becomes high rotation and the concentration of gaseous mixture becomes low gradually.

[0028] In the flow chart of drawing 4, first, accelerator opening, an air fill, and an engine speed are read as input (step S1), and when it is distinguished whether the operational status of the engine at that time is in A zone in drawing 3 (step S2) and it is in A zone based on these input, abbreviation

"1.0" is set up as a value of YES) and an excess air factor lambda at the (step S2 (step S3). And the above ECU 27 calculates the opening of a flow control valve 25 from the value of this excess air factor lambda (step S4), and outputs a control signal to a step motor 26 that a flow control valve 25 should be controlled to respond to this opening (step S5).

[0029] On the other hand, when engine operational status is in B zone, based on NO) and the above-mentioned input, the value of an excess air factor lambda is extracted from B zone in drawing 3 at the (step S2 (step S6). For example, if accelerator opening is 80% (Rhine of the two-dot chain line C of drawing 3 ) and an engine speed is 2000rpm, "1.8" will be set up as a value of an excess air factor lambda. Then, with this accelerator opening, if an engine speed goes up to 4000rpm, "3.0" will be set up as a value of an excess air factor lambda.

[0030] Thus, since the value of an excess air factor lambda will be more highly set up if an engine speed goes up even when accelerator opening is fixed and an engine load is fixed, corresponding to slowdown of a discharge fall of the nitrogen oxides NOx by the rise of an engine speed, the concentration of gaseous mixture becomes low, and generating of nitrogen oxides NOx is suppressed.

[0031] Moreover, in the flow chart of drawing 4 , if accelerator opening falls to 70% (Rhine of the two-dot chain line D of drawing 3 ) from [ above-mentioned ] 80% (Rhine of the two-dot chain line C of drawing 3 ) when an engine speed is 2000rpm, the value of an excess air factor lambda will become high from "1.8" to "2.0" (step S8). Thus, even if it is the same engine speed, he makes the value of an excess air factor lambda higher, and is trying to aim at reduction of fuel consumption, since it is the moderation time etc. and is the operational status which seldom needs an engine torque, when accelerator actuation is carried out so that accelerator opening may fall.

[0032] in addition -- although it is set up in the above-mentioned example so that the value of the excess air factor lambda of B zone may become high gradually with the rise of an engine speed, and the fall of an engine load -- the value of an excess air factor lambda -- being gradual (for example, two steps) -- you may make it become high

[0033] Moreover, in the above-mentioned example, although only hydrogen gas was used as gaseous fuel, it is not restricted to this, and ethane, a propane, town gas, etc. and hydrogen gas may be mixed and used.

[0034] Moreover, this invention is applicable not only to a rotary piston engine but a recipro engine.

[0035]

[Effect of the Invention] The air-fuel ratio control system concerning invention according to claim 1 can control discharge of the nitrogen oxides from an engine certainly in the engine operation field in an air-fuel ratio higher than the NOx maximum air-fuel ratio, keeping good fuel consumption and performance-traverse ability, since the amount of supply of the gaseous fuel to an engine will be adjusted so that an air-fuel ratio may become higher than the air-fuel ratio of a low rotation field if it becomes a high rotation field in the state of the same engine load.

[0036] Moreover, like, change of the engine torque to change of the engine number of rotations can be made small as much as possible by [ according to claim 2 ] making an air-fuel ratio high gradually as an engine becomes high rotation.

[0037] Furthermore, like the publication to claim 3, since the amount of supply of the gaseous fuel to an engine is adjusted so that it may become a low air-fuel ratio from the NOx maximum air-fuel ratio in a heavy load region, and the amount of supply of the gaseous fuel to an engine is adjusted so that it may become a high air-fuel ratio from the NOx maximum air-fuel ratio in a low loading region, while being able to obtain an engine torque high in a heavy load region, the discharge of nitrogen oxides can be controlled further in a low loading region.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

**[Brief Description of the Drawings]**

[Drawing 1] It is the schematic diagram of the whole hydrogen fueled engine structure by one example of this invention.

[Drawing 2] It is the schematic diagram showing the control network to a flow control valve etc.

[Drawing 3] It is the map in which the relation between an air fill, an engine speed, and each zone is shown.

[Drawing 4] It is the flow chart which shows the control action of a flow control valve performed by the control unit.

[Drawing 5] It is the property Fig. showing the relation between the discharge of nitrogen oxides, and an excess air factor.

**[Description of Notations]**

8 Throttle Valve

10 Air Flow Meter

17 Fuel-Supply Path

25 Flow Control Valve

9 26 Step motor

27 Control Unit (ECU)

28 Accelerator Opening Sensor

29 Rotational Frequency Sensor

271 Memory

272 Flow Rate Control Means

---

[Translation done.]

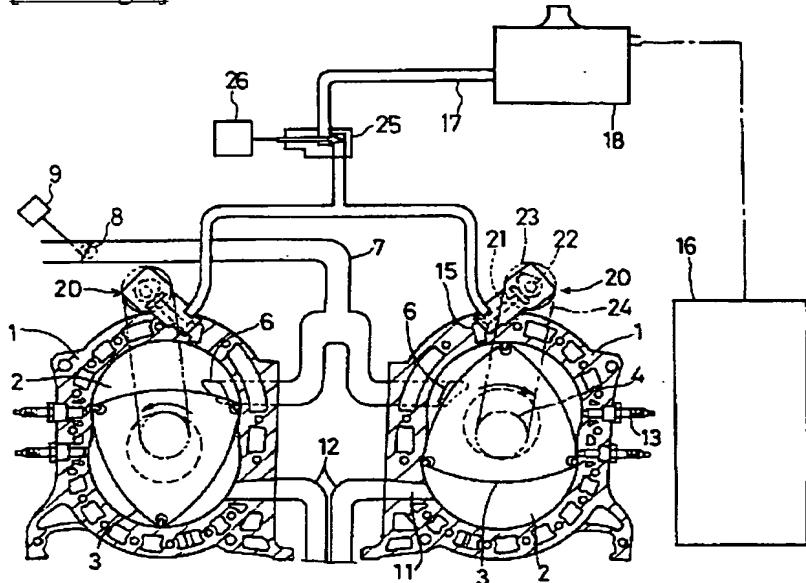
## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

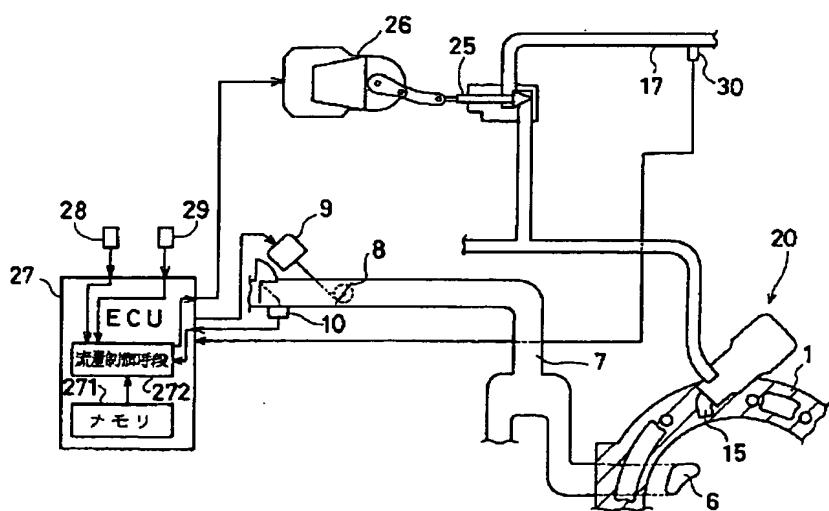
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

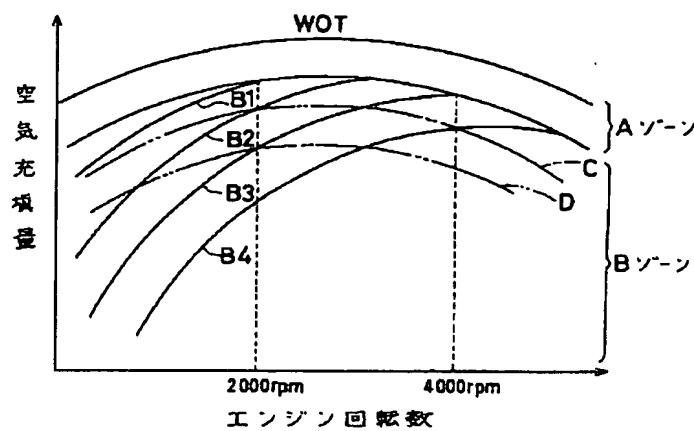
[Drawing 1]



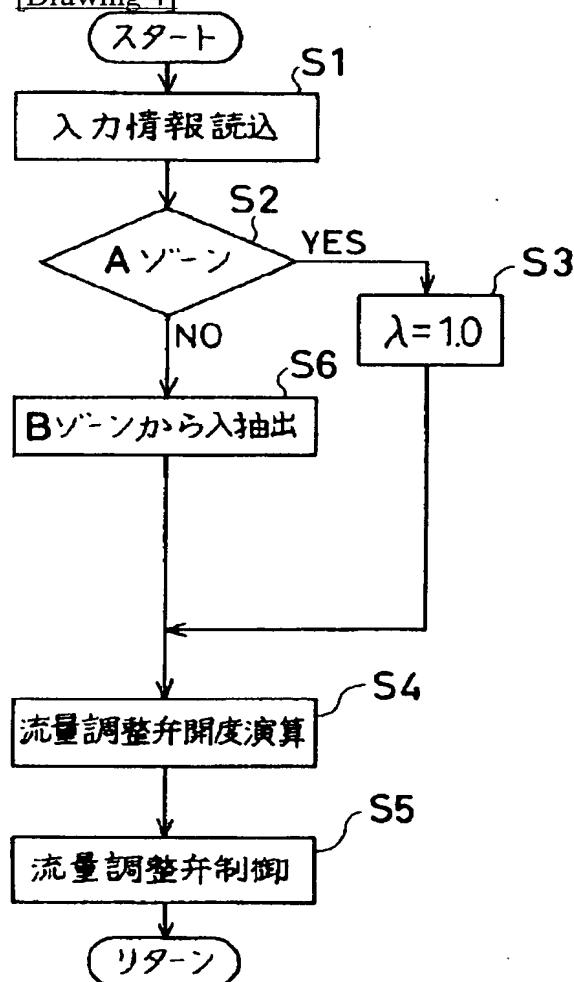
[Drawing 2]



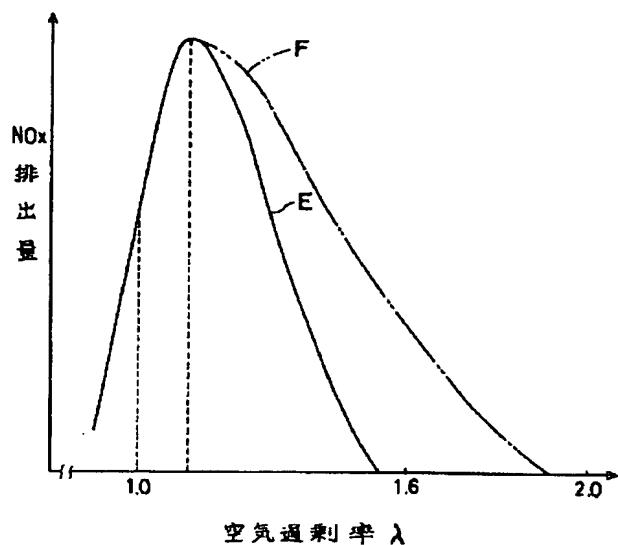
[Drawing 3]



[Drawing 4]



[Drawing 5]



---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-200805

(43)公開日 平成6年(1994)7月19日

(51)Int.CI.<sup>5</sup>  
F 0 2 D 41/14

識別記号 庁内整理番号  
3 1 0 D 8011-3 G

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数3

(全7頁)

(21)出願番号 特願平4-348364

(22)出願日 平成4年(1992)12月28日

(71)出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72)発明者 間宮 清孝

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(72)発明者 白石 徹

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(72)発明者 横溝 克広

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

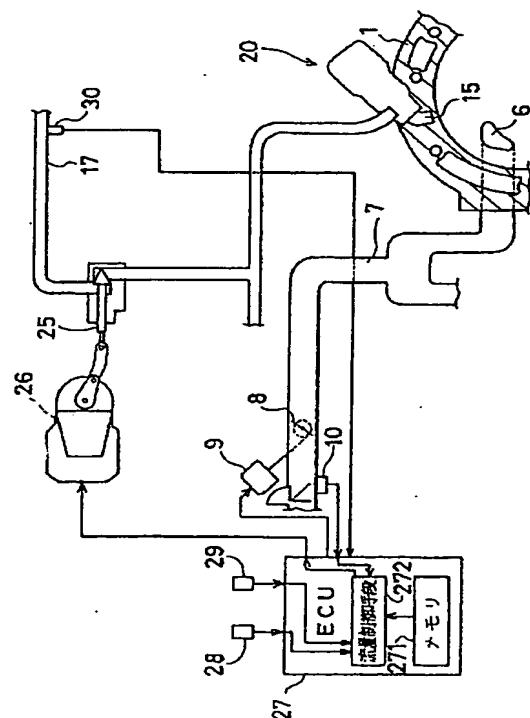
(74)代理人 弁理士 小谷 悅司 (外3名)

(54)【発明の名称】水素エンジンの空燃比制御装置

(57)【要約】

【目的】 燃費及び走行性能を良好に保ちながら、いかなるエンジンの運転状態であっても窒素酸化物の排出量を低く抑えることができる。

【構成】 水素ガスを燃料の一部又は全部とする気体燃料のロータリピストンエンジンへの供給量を調整する流量調整弁25と、エンジンの負荷状態に応じて空燃比を制御するコントロールユニット(ECU)27とを設けた。エンジンからの窒素酸化物NO<sub>x</sub>の排出量が最大になるNO<sub>x</sub>最大空燃比より高い空燃比でのエンジン運転領域を有する。ECU27は、同一エンジン負荷状態におけるエンジンの高回転領域の空燃比が低回転領域の空燃比より高くなるように流量調整弁25の開度を制御する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 水素ガスを燃料の一部又は全部とする気体燃料のエンジンへの供給量を調整する供給量調整手段を設け、エンジン負荷状態に応じて空燃比を制御する水素エンジンの空燃比制御装置において、エンジンからの窒素酸化物の排出量が最大になるNO<sub>x</sub>最大空燃比よりも高い空燃比でのエンジン運転領域を有し、このエンジン運転領域では、同一エンジン負荷状態におけるエンジンの高回転領域の空燃比が低回転領域の空燃比より高くなるように上記供給量調整手段を制御する制御手段を備えたことを特徴とする水素エンジンの空燃比制御装置。

【請求項 2】 上記制御手段は、上記NO<sub>x</sub>最大空燃比よりも高い空燃比とされるエンジン運転領域で、エンジンが高回転になるに従って次第に空燃比が高くなるように上記供給量調整手段を制御するようにしたことを特徴とする請求項1記載の水素エンジンの空燃比制御装置。

【請求項 3】 上記制御手段は、エンジン負荷が所定負荷よりも高い高負荷域では上記NO<sub>x</sub>最大空燃比よりも低い空燃比になるように上記供給量調整手段を制御し、エンジン負荷が上記所定負荷以下の低負荷域では上記NO<sub>x</sub>最大空燃比よりも高い空燃比になるように上記供給量調整手段を制御するようにしたことを特徴とする請求項1又は2記載の水素エンジンの空燃比制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、水素ガスを燃料の一部又は全部とする気体燃料を用いる水素エンジンの空燃比制御装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 一般にガソリンを燃料とするガソリンエンジンから排出される排気ガス中には、窒素酸化物NO<sub>x</sub>、一酸化炭素CO及び炭化酸素HCの有害成分が含まれている。これらの有害成分は、空気吸込量と燃料量との割合、すなわち空燃比（あるいは空気過剰率λ）を理論空燃比（空気過剰率λでは“1.0”）よりも大幅に高くなると減少する。しかし、上記ガソリンエンジンにあっては、上記空燃比を大幅に高くしてエンジンへの混合気を極めて薄くすると、ミスマッチを起こし易くなるといった問題がある。また、混合気を薄くすると必要なエンジントルクが得られないことになる。

【0003】 これに対応すべく、例えば特開昭51-34308号公報に示されるように、混合気の空燃比可燃範囲が極めて広く、混合気を極めて薄くしてもミスマッチを起こすことのない水素ガスを燃料の一部又は全部とする水素エンジンが開発されつつある。

【0004】 ところで、この種の水素エンジンに燃料として使用される水素ガスは、燃焼しても一酸化炭素CO及び炭化酸素HCは生じないが、理論空燃比付近の燃焼速度が極めて速いために燃焼ガスが高温になり、ガソリンエンジンと同様に比較的多量の窒素酸化物NO<sub>x</sub>が生

成される。この水素ガスの燃焼による窒素酸化物NO<sub>x</sub>の排出量は、図5に示すように、空気過剰率λが“1.0”となる値（理論空燃比）よりもやや高い値で最大になるが、混合気の濃度低下に対する窒素酸化物NO<sub>x</sub>の排出量低下の傾向がガソリンよりも著しく大きい。このため、上記水素エンジンにあっては、窒素酸化物NO<sub>x</sub>の排出量が充分に低く、且つ、エンジントルクの低下が比較的小さい空燃比の値を選択することが可能になる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、上記水素エンジンでは、エンジンの回転数が高くなると着火時の混合気流動が速くなつて燃焼速度が速まるため、エンジンが高回転になるほど混合気を薄くしても窒素酸化物NO<sub>x</sub>の排出量が低下しなくなる。このため、エンジンが低回転のときには、窒素酸化物NO<sub>x</sub>の排出量が充分に低くなる空燃比の値であっても、エンジンが高回転になつた時には、窒素酸化物NO<sub>x</sub>の排出量が高くなるといった問題が生じる。

【0006】 本発明は、上記の事情に鑑み、燃費及び走行性能を良好に保ちながら、いかなるエンジンの運転状態であつても排気ガス中の窒素酸化物の排出量を低く抑えることができる水素エンジンを提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明は上記目的を達成するために、水素ガスを燃料の一部又は全部とする気体燃料のエンジンへの供給量を調整する供給量調整手段を設け、エンジン負荷状態に応じて空燃比を制御する水素エンジンの空燃比制御装置において、エンジンからの窒素酸化物の排出量が最大になるNO<sub>x</sub>最大空燃比よりも高い空燃比でのエンジン運転領域を有し、このエンジン運転領域では、同一エンジン負荷状態におけるエンジンの高回転領域の空燃比が低回転領域の空燃比より高くなるように上記供給量調整手段を制御する制御手段を備えたものである。

【0008】 また、上記制御手段は、上記NO<sub>x</sub>最大空燃比よりも高い空燃比とされるエンジン運転領域で、エンジンが高回転になるに従って次第に空燃比が高くなるように上記供給量調整手段を制御することが好ましい。

【0009】 さらに、上記制御手段は、エンジン負荷が所定負荷よりも高い高負荷域では上記NO<sub>x</sub>最大空燃比よりも低い空燃比になるように上記供給量調整手段を制御し、エンジン負荷が上記所定負荷以下の低負荷域では上記NO<sub>x</sub>最大空燃比よりも高い空燃比になるように上記供給量調整手段を制御することが好ましい。

## 【0010】

【作用】 上記の構成によると、エンジンからの窒素酸化物の排出量が最大になるNO<sub>x</sub>最大空燃比よりも高い空燃比でエンジンが運転されているときに、同一エンジン負荷状態でエンジンの回転数が高くなつて高回転領域にな

ると、空燃比が低回転領域の空燃比より高くなるようにエンジンへの気体燃料の供給量が調整されることにより、窒素酸化物の排出量が抑制される。

【0011】また、NO<sub>x</sub>最大空燃比より高い空燃比とされるエンジン運転領域で、エンジンが高回転になるに従って次第に空燃比が高くなることにより、エンジンの回転数の変化に対するエンジントルクの変化を小さくできる。

【0012】さらに、高負荷域ではNO<sub>x</sub>最大空燃比よりも低い空燃比になるようにエンジンへの気体燃料の供給量が調整され、低負荷域ではNO<sub>x</sub>最大空燃比よりも高い空燃比になるようにエンジンへの気体燃料の供給量が調整されることにより、高負荷域では高いエンジントルクが得られるとともに、低負荷域では窒素酸化物の排出量が抑制される。

### 【0013】

【実施例】本発明の実施例を図面に基づいて説明する。図1及び図2は本発明の一実施例による空燃比制御装置を備えた水素エンジンの全体構造を示しており、当実施例の水素エンジンはロータリピストンエンジンである。また、当実施例では、気体燃料として水素ガスのみが用いられている。

【0014】このロータリピストンエンジンは、ロータハウジング1とその両側に位置するサイドハウジングとにより構成されたシリンダを有し、その内方に、3つの作動室2を隔成する略三角形状のロータ3を備え、このロータ3が偏心軸4に支承されて偏心回転することにより、各作動室2が容積変化し、オットーサイクルを行うようになっている。2ロータのロータリピストンエンジンにあっては、中間位置のサイドハウジング（インタミディエイトハウジング）を挟んでその前後にシリンダが形成され、それぞれの内方にロータ3が配置されている。なお、図1では作図の便宜上、2つのシリンダを展開して示している。

【0015】サイドハウジングには、空気を供給する吸気ポート6が、吸気行程の作動室2に臨む位置に設けられている。この吸気ポート6には吸気通路7を介して空気が導かれ、この吸気通路7には、ステップモータ9によって作動されるスロットル弁8が設けられるとともに、エアクリーナ（図示省略）及び吸入空気量（空気充填量）検出のためのエアフローメータ10等が配設されている。また、排気行程の作動室2に臨む位置においてロータハウジング1には排気ポート11が形成され、この排気ポート11に排気通路12が接続されている。また、爆発行程の作動室に臨む位置においてロータハウジング1には、点火プラグ13が取付けられている。

【0016】また、加圧された水素ガスをシリンダ内に供給するため、上記吸気ポート6とは別個に作動室2内に開口する水素ポート（気体燃料供給用のポート）15を有し、この水素ポート15は、吸気行程途中から圧縮

行程途中まで作動室2に開口するような位置に設けられている。この水素ポート15に対し、メタルハイドライドタンク（以下MHタンクという）16からの水素ガスを導く燃料供給通路17が設けられている。上記MHタンク16は、その内部に水素を吸蔵、放出することができる水素吸蔵合金を備えており、このMHタンク16に對し、水素充填用の通路、冷却水通路及び加熱水通路（図示省略）が配設され、エンジンウォータジャケットから供給される冷却水でMHタンク16の水素吸蔵合金が加熱されることにより、水素が燃料供給通路17に放出されるようになっている。

【0017】上記燃料供給通路17の上流部には圧力調整器18が設けられ、この圧力調整器18は、MHタンク16から供給される水素ガスを適度の圧力に調圧し、例えば略5気圧（3～7気圧）に調圧するようになっている。また、燃料供給通路17の下流端部はタイミング弁20を介して上記水素ポート15に接続されている。このタイミング弁20は、エンジンの作動と同期して所定タイミングで燃料供給を行うもので、例えば、上記水素ポート15と燃料供給通路17との間の連通部分を開閉するボベット弁21を有し、このボベット弁21がタイミング弁駆動用カムシャフト22に設けられたカムにより開閉作動される。上記カムシャフト22は、ハウジングに回転可能に支承されるとともに、その一端側に具備されたブーリ23がタイミングベルト24を介して偏心軸4に連繋されることにより、偏心軸4と同期回転するようになっている。

【0018】そして、吸気ポート6が上死点付近で開かれて下死点付近で閉じられるように、ロータ3の回転に伴う吸気ポート開閉のタイミングが設定される一方、タイミング弁20は、吸気ポート6が閉じた後の圧縮行程前半の所定期間に開かれるように、その開閉タイミングが設定されている。このように吸気ポート6が閉じて空気の吸入が終了した時点からタイミング弁20が開かれて水素ガスの供給が開始されるようにしているのは、もし空気吸入行程中に容積率の大きい水素ガスが吸入されると、空気の流入が阻害され易くなるとともに、吸気通路側への水素ガスの流出によるバックファイアが生じる懸念があるためである。

【0019】上記燃料供給通路17の途中には、流量調整弁25が配設されている。この流量調整弁25は、コントロールユニット（ECU）27からの制御信号に応じて作動する電気的なアクチュエータ、例えばステップモータ26により作動されるようになっている。このECU27は、メモリ271及び流量制御手段272を有し、上記エアフローメータ10、アクセル開度（アクセルペダルの操作量）を検出するアクセル開度センサ28、エンジン回転数を検出する回転数センサ29、圧力調整器18の下流の燃料供給通路17内の圧力を検出する圧力センサ30等からの検出信号を受け、ステップモ

ータ9へ出力する制御信号によりスロットル弁8の開度(空気充填量)をアクセル開度に応じるように制御するとともに、ステップモータ26へ出力する制御信号により流量調整弁25を制御するものである。

【0020】上記メモリ271は、空気充填量及びエンジン回転数に応じて選定される空気過剰率 $\lambda$ (あるいは空燃比)がマップ(図3)として予め記憶されるものである。上記流量制御手段272は、このマップによって求められた空気過剰率 $\lambda$ の値から流量調整弁25の開度(もしくはその開度に見合ったステップモータ駆動量)を演算し、この開度に応じるように流量調整弁25を制御すべく、ステップモータ26へ制御信号を出力するようになっている。

【0021】次に、上記ECU27によって行なわれる流量調整弁25の制御動作について図3のマップ及び図4のフローチャートを用いて説明する。図3のマップは、エンジン負荷が高い高負荷領域に対応するAゾーンと、エンジン負荷が低い低負荷領域に対応するBゾーンとに分かれている。上記Aゾーンは、アクセル開度が、例えば90%以上の高負荷状態での空気過剰率 $\lambda$ の値を設定する領域である。このAゾーンでは、窒素酸化物NOxの排出量が最大となる空気過剰率 $\lambda$ の値より低い空気過剰率 $\lambda$ の値とされ、例えば略“1.0”に設定される。なお、Aゾーンは、全負荷状態WOTを上限としている。

【0022】上記Bゾーンは、アクセル開度が90%未満の低負荷状態での空気過剰率 $\lambda$ の値を設定する領域であって、このBゾーンでは、窒素酸化物NOxの排出量が最大となる空気過剰率 $\lambda$ の値より高い空気過剰率 $\lambda$ の値とされ、例えば“1.5”以上に設定される。また、このBゾーンでは、エンジン回転数の上昇及びエンジン負荷の低下に伴って空気過剰率 $\lambda$ の値が次第に高くなるように設定されている。すなわち、ラインB1, B2, B3, B4は、それぞれ空気過剰率 $\lambda$ の値が、例えば“1.6”、“1.8”、“2.0”、“3.0”とされる運転状態を示し、各ラインB1～B4はエンジン回転数が高回転になるほど高負荷側(空気充填量が大きくなる側)に変位し、且つ、左上側からB1, B2, B3, B4の順になるようになっている。従って、等負荷の状態を示すラインC, Dに沿ってみれば、高回転側ほど空気過剰率 $\lambda$ の値が次第に高くなっている。

【0023】このように、Aゾーンでの空気過剰率 $\lambda$ の値として略“1.0”(ほぼ理論空燃比に相当)を選定したのは、Aゾーンのときには、アクセル開度が90%以上の高負荷状態であるため、このアクセル操作に応じたエンジントルクを得るべく、空気過剰率 $\lambda$ の値を小さくする必要があるからである。また、窒素酸化物NOxの排出量は、図5に示すように、空気過剰率 $\lambda$ の値が“1.0”よりやや高い値(NOx最大空燃比に相当)のときに最大となるため、この空気過剰率 $\lambda$ の値を避け

るためでもある。この空気過剰率 $\lambda$ の値“1.0”を選定したことにより、窒素酸化物NOxの発生が抑えられつつ、必要なエンジントルクが得られる。

【0024】なお、排気通路12には図外の触媒を配設しておき、高負荷時では上記触媒を利用して窒素酸化物NOxを浄化することが望ましい。この場合、一般的のこの種の触媒は空気過剰率 $\lambda$ の値が略“1.0”的に最も効率よく窒素酸化物NOxを浄化するようになっているため、排気ガス中には、窒素酸化物NOxがほとんど含まれないことになる。

【0025】ここで、Bゾーンにおいて、高回転ほど空気過剰率 $\lambda$ の値が高くなるようにしている理由を図5を用いて説明する。例えば、エンジン回転数が2000rpmの場合の空気過剰率 $\lambda$ の値と、窒素酸化物NOxの排出量との関係は実線Eのようになり、空気過剰率 $\lambda$ の値が略“1.6”以上になると、窒素酸化物NOxはほとんど発生しないが、エンジン回転数が4000rpmまで上昇すると、着火時の混合気流動が速くなって燃焼速度が速まるため、二点鎖線Fに示すように、空気過剰率 $\lambda$ の値の増加に対する窒素酸化物NOxの排出量の低下が上記2000rpmのときに比して鈍くなる。従って、エンジン回転数が4000rpmのときには、空気過剰率 $\lambda$ の値をより高くして窒素酸化物NOxをほとんど発生させないようにする必要があるためである。

【0026】また、このように空気過剰率 $\lambda$ を高く(リーン化)することによって、窒素酸化物NOxの発生の抑制を図るとともに燃費の向上を図っている。一方、AゾーンとBゾーンとの間での移行時のエンジントルクの変化を小さくするために、AゾーンとBゾーンとの境界での空気過剰率 $\lambda$ の格差を必要以上に大きくならないようしている。

【0027】さらに、Bゾーンの空気過剰率 $\lambda$ の値が徐々に高くなるようにしたのは、エンジンが高回転になるに従って混合気の濃度が次第に低くなるようにして、エンジンの回転数の変化に対するエンジントルクの変化を極力小さくするためである。

【0028】図4のフローチャートにおいて、まず、入力情報としてアクセル開度、空気充填量及びエンジン回転数が読み込まれ(ステップS1)、これらの入力情報に基づいて、そのときのエンジンの運転状態が図3中のAゾーンにあるかどうかが判別され(ステップS2)、Aゾーンにある場合には(ステップS2でYES)、空気過剰率 $\lambda$ の値として略“1.0”が設定される(ステップS3)。そして、上記ECU27は、この空気過剰率 $\lambda$ の値から流量調整弁25の開度を演算し(ステップS4)、この開度に応じるように流量調整弁25を制御すべく、ステップモータ26へ制御信号を出力する(ステップS5)。

【0029】一方、エンジンの運転状態がBゾーンにある場合には(ステップS2でNO)、上記入力情報に基

づいて、図3中のBゾーンから空気過剰率 $\lambda$ の値が抽出される(ステップS6)。例えば、アクセル開度が80% (図3の二点鎖線Cのライン) であってエンジン回転数が2000 rpmであれば、空気過剰率 $\lambda$ の値として“1.8”が設定される。この後、このアクセル開度のまま、例えばエンジン回転数が4000 rpmまで上昇すると空気過剰率 $\lambda$ の値として“3.0”が設定される。

【0030】このように、アクセル開度が一定でエンジン負荷が一定でも、エンジン回転数が上昇すると空気過剰率 $\lambda$ の値をより高く設定するので、エンジン回転数の上昇による窒素酸化物NOxの排出量低下の鈍化に対応して混合気の濃度が低くなり、窒素酸化物NOxの発生が抑えられる。

【0031】また、図4のフローチャートにおいて、例えば、エンジン回転数が2000 rpmのときに、アクセル開度が、例えば上記80% (図3の二点鎖線Cのライン) から70% (図3の二点鎖線Dのライン) に低下すると、空気過剰率 $\lambda$ の値が“1.8”から“2.0”(ステップS8)へ高くなる。このように、アクセル開度が低下するようにアクセル操作された場合には、減速時等であってエンジントルクを余り必要としない運転状態であるため、同一エンジン回転数であっても空気過剰率 $\lambda$ の値をより高くして燃費の低減を図るようにしている。

【0032】なお、上記実施例では、Bゾーンの空気過剰率 $\lambda$ の値がエンジン回転数の上昇及びエンジン負荷の低下に伴って次第に高くなるように設定されているが、空気過剰率 $\lambda$ の値が段階的(例えば2段階)に高くなるようにしてもよい。

【0033】また、上記実施例では、気体燃料として水素ガスのみを使用したが、これに限られるものではなく、エタン、プロパン、都市ガス等と水素ガスとを混合して使用するものであってもよい。

【0034】また、本発明はロータリーピストンエンジンに限らず、レシプロエンジンにも適用することができる。

#### 【0035】

【発明の効果】請求項1に記載の発明に係る空燃比制御装置は、NOx最大空燃比より高い空燃比でのエンジン

10 運転領域では、同一エンジン負荷状態で高回転領域になると、空燃比が低回転領域の空燃比より高くなるようにエンジンへの気体燃料の供給量を調整するので、燃費及び走行性能を良好に保ちながら、エンジンからの窒素酸化物の排出を確実に抑制することができる。

【0036】また、請求項2に記載のように、エンジンが高回転になるに従って次第に空燃比を高くすることにより、エンジンの回転数の変化に対するエンジントルクの変化を極力小さくすることができる。

10 【0037】さらに、請求項3に記載のように、高負荷域においてはNOx最大空燃比よりも低い空燃比になるようにエンジンへの気体燃料の供給量を調整し、低負荷域においてはNOx最大空燃比よりも高い空燃比になるようにエンジンへの気体燃料の供給量を調整するので、高負荷域では高いエンジントルクを得ることができるとともに、低負荷域では窒素酸化物の排出量をより一層抑制することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

20 【図1】本発明の一実施例による水素エンジンの全体構造の概略図である。

【図2】流量調整弁等に対する制御系統を示す概略図である。

【図3】空気充填量とエンジン回転数と各ゾーンとの関係を示すマップである。

【図4】コントロールユニットによって行なわれる流量調整弁の制御動作を示すフローチャートである。

【図5】窒素酸化物の排出量と空気過剰率との関係を示す特性図である。

#### 【符号の説明】

30 8 スロットル弁

10 エアフローメータ

17 燃料供給通路

25 流量調整弁

9, 26 ステップモータ

27 コントロールユニット (ECU)

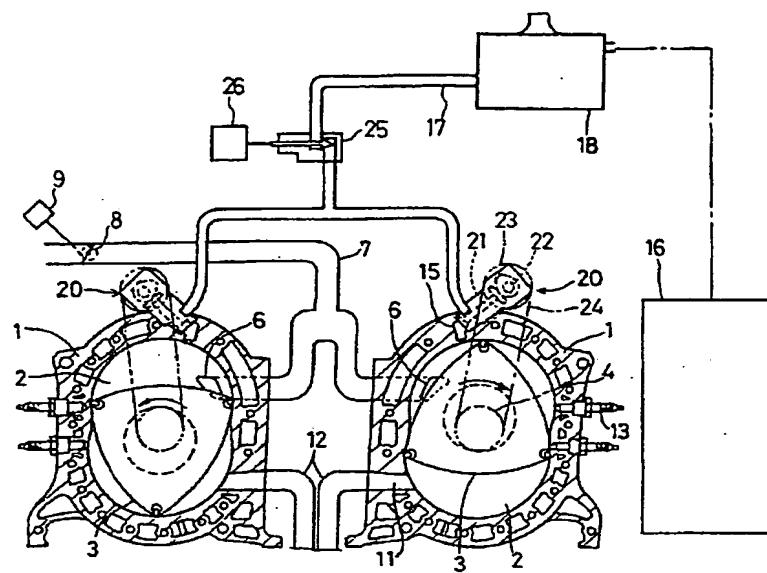
28 アクセル開度センサ

29 回転数センサ

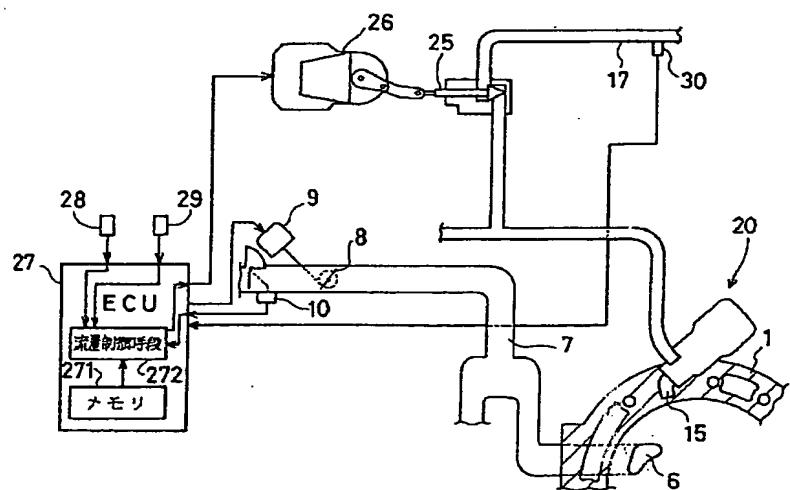
271 メモリ

272 流量制御手段

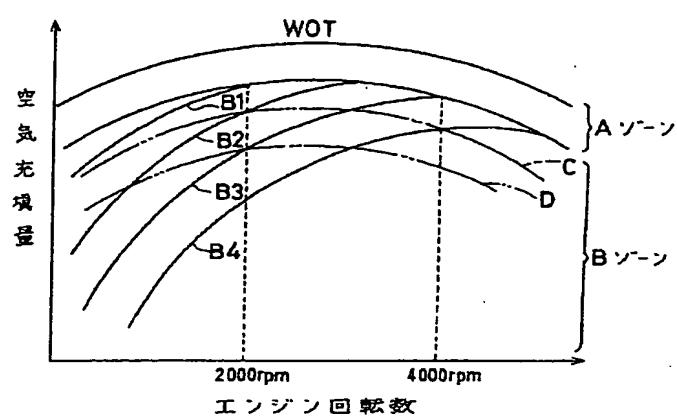
【図1】



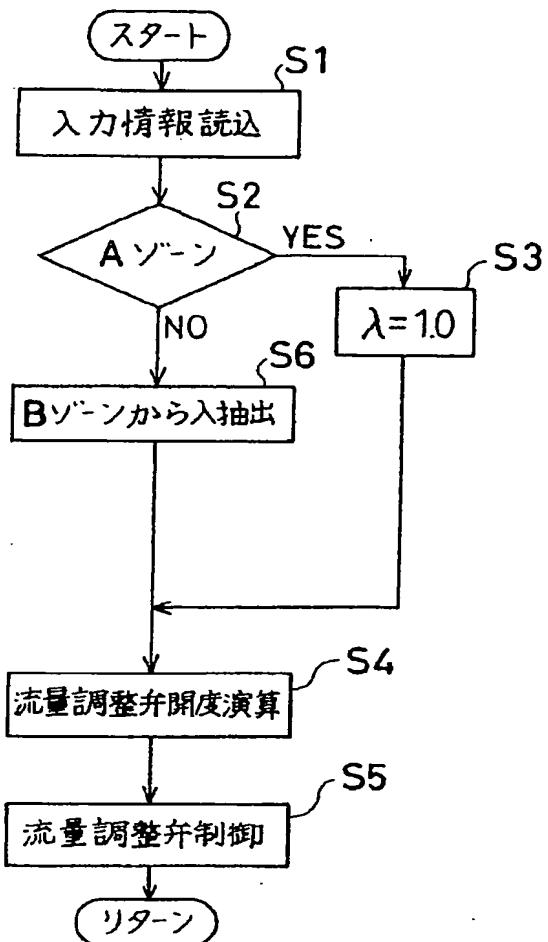
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

